"مجله نهال و بذر "
جلد ۳۶، شماره ۱، سال ۱۳۹۹

10.22092/sppi.2020.122876

مقاله پژوهشی

برهمکنش ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه و علوفه لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره

Genotype × Environment Interaction and Grain and Forage Yield Stability of Promising Lines of Dual Purpose Sorghum

عظیم خزائی[۱]، محمدرضا شیری[۲]، مسعود ترابی[۳]، احمد قاسمی[۴]، سیدعلیرضا بهشتی[۵] و علی‌آذری نصرآباد[۶]

۱و ۲- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۴- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان (زابل)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
۵- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۶- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۴

چکیده

خزائی، ع.، شیری، م. ر.، ترابی، م.، قاسمی، ا.، بهشتی، س. ع. و آذری نصرآباد، ع. ۱۳۹۹. برهمکنش ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه و علوفه لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره. **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۷۰ - ۵۱.

برای ارزیابی الگوی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه و علوفه، ۱۰ لاین امیدبخش سورگوم دو منظوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شش ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرج، مشهد، بیرجند ،زابل، مغان و اصفهان به مدت دو فصل زراعی (۱۳۹۳و۱۳۹۴) کشت شدند. تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد اثر سال، مکان، ژنوتیپ واثر متقابل آنها بر عملکرد دانه، عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ها نشان داد لاین شماره ۳ (KDFGS9) با عملکرد دانه ۸/۷ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود. لاین های شماره ۱ (KDFGS4) و ۹ (KDFGS26) به ترتیب با عملکرد علوفه خشک ۲۶/۲ و ۲۶/۱ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند. لاین‌های شماره ۱ (KDFGS4)، ۲ (KDFGS6) و ۹ (KDFGS26) به ترتیب با ۳۴/۳، ۳۳ و ۳۲/۵ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک نسبت به دیگر لاین‌های مورد بررسی در این آزمایش برتر بودند. تجزیه پایداری با استفاده از روش AMMI و برازش مؤلفه‌های اصلی به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد دو مؤلفه اصلی برای عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. برای عملکرد دانه دو مؤلفه اول ۶۷/۸ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توضیح دادند. با توجه به مدل AMMI و پارامتر ارزش پایداری امی(ASV)، لاین‌های شماره۲ (KDFGS6) و ۳ (KDFGS9) با پایداری عملکرد دانه بالا، لاین‌های مناسب دو منظوره با اولویت تولید دانه و لاین‌های شماره ۹ (KDFGS26) و ۱ (KDFGS4) به‌عنوان لاین های مناسب دو منظوره با اولویت تولید علوفه شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: سورگوم، عملکرد علوفه خشک، عملکرد بیولوژیک، مدل امی، ارزش پایداری امی

نگارنده مسئول: az42095@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۳۷۸۶

مقدمه

انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد در یک محیط معیار مناسبی نیست، بنابراین ژنوتیپ‌ها باید حتی‌الامکان در دامنه وسیع و متنوعی از تغییرات محیط (مکان‌ها و سال‌های مختلف) مورد ارزیابی قرار گیرند تا با اطلاعات حاصل از سازگاری و پایداری عملکرد آن‌ها، معیار مطمئن‌تری برای توصیه ژنوتیپ‌ها و توسعه کشت آن‌ها در مدت زمان کوتاه بدست آید و کارایی گزینش در روند معرفی ژنوتیپ‌ها افزایش یابد (Farshadfar, 1998).

در برنامه‌های به‌نژادی مطالعه و بررسی سازگاری گیاهان زراعی نسبت به شرایط محیطی مختلف، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ازآنجاکه نیاز مبرمی برای تهیه ارقام مناسب و سازگار به مناطق جغرافیایی مختلف و اهداف خاص وجود دارد، برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ضروری است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای دانشمندان علوم ژنتیک، اصلاح نباتات و اصلاح دام دارای اهمیت بسیار است (Allard and Bradshaw, 1964).

آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگران کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها با دقت بیشتری عمل کرده و ژنوتیپ‌های برتر را انتخاب کنند (Purchase, 1997). در واقع در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، به‌نژادگر باید بداند که علاوه بر وجود تفاوت‌های ژنتیکی، پاسخ ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف نیز متفاوت است. بنابراین باید ژنوتیپی انتخاب شود که کمترین واریانس را در واکنش به تغییرات محیطی نشان داده است و در صورت عدم وجود تفاوت معنی‌دار باید ژنوتیپ دارای بیشترین عملکرد انتخاب می شود (Lin *et al.,* 1986).

به‌طورکلی به ارقامی سازگار اطلاق می‌شود که در دامنه‌ای از محیط‌ها، ضمن داشتن عملکرد بالا، از پایداری عملکرد نیز برخوردار باشند. ارقام با سازگاری وسیع در یکسری از محیط‌ها عملکرد متوسط و پایدار دارند، ولی ارقامی که به‌طور منحصر در شرایط مطلوب، از عملکرد بالایی برخوردارند در شرایط نامساعد دارای عملکرد ضعیفی هستند و به‌عنوان ارقام با سازگاری خصوصی شناخته می‌شوند (Lin and Binns, 1991).

روش‌های زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ× محیط ارائه شده است. این روش‌ها به سه گروه پارامتری، ناپارامتری و چند متغیره تقسیم‌بندی می‌شوند (Gauch, 1992). از جمله روش‌های چند متغیره می‌توان به روش چند متغیره اثر اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب پذیر (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction = AMMI) اشاره نمود. در روش AMMI ابتدا تجزیه واریانس معمولی بر روی‌داده‌های دو طرفه ژنوتیپ و محیط انجام می‌شود و سپس از روش تجزیه به مؤلفه‌های (PCA= Principal Component Analysis) اثر متقابل محاسبه می‌شود (Gauch, 1988).

یکی از روش‌هایی چند متغیره که در دو دهه اخیر به فراوانی از آن استفاده شده است، روش AMMI است (Hongyu *et al.,* 2014; Rodrigues *et al.,* 2014). این روش یکی از روش‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل مطالعات سازگاری است و ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. در این روش با استفاده از تجزیه واریانس، اثر اصلی ژنوتیپ و محیط برآورد شده و سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

اصولاً روش AMMI با سه هدف عمده مورد استفاده قرار می‌گیرد. اولاً: روش AMMI یک مدل تشخیصی است و سودمندی بیشتری در مقایسه با سایر روش‌ها در آزمایش‌های مقایسه عملکرد دارد و ابزاری برای تشخیص سایر مدل‌های فرعی فراهم می‌سازد. ثانیاً: این روش برای تشخیص ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بکار می‌رود و ارتباطات ارقام و محیط‌ها را به‌صورت خلاصه و گرافیکی ارائه می‌کند. ثالثاً: این روش برای بهبود دقت برآورد عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Crossa, 1990).

روش‌های معرفی شده از نظر کارایی تشخیص رقم پایدار توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است اما روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد. بنابراین هر گروه از پژوهشگران یکی از روش‌ها و یا ترکیبی از روش‌ها را در مطالعات خود جهت یافتن رقم‌های با عملکرد بالا و پایدار بکار می‌برند. برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایش‌های مقایسه عملکرد زوبل و گاچ (Zobel and Gauch, 1988) از روش AMMI استفاده کردند. این مدل در واقع تغییر یافته روشی بود که توسط گلوب (Gollob, 1968) در علوم اجتماعی و علوم پایه به کار رفته بود.

گاچ (Gauch, 1990) با بیان این‌که مدل AMMI ساختار داده‌های با ابعاد ماتریسی را بوسیله چند بردار مثل میانگین‌های ژنوتیپ‌ها و محیط و نیز مقادیر منفرد برای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل به ابعاد کوچک‌تر مدل بندی می‌کند. مدل‌هایی را که بر اساس میانگین تیمارها بیان می‌شوند مدل کامل می نامند که معمولاً نااریب می‌باشند. درحالی‌که مدل‌هایی که از داده های ژنوتیپ× محیط× تکرار در محاسبه استفاده می‌نمایند، مدل‌های کاهشی نامیده می‌شوند که ممکن است دارای اریب باشند. علت اریب بودن این روش‌ها این است که در این روش‌ها از تمام مؤلفه‌های اصلی و درنتیجه ریشه‌های مشخصه مربوط استفاده نمی‌شود.

انجام آزمایش در طرح‌هایی آزمایشی بدون تکرار ممکن نیست زیرا هیچ نوع برآوردی را برای خطا نمی‌توان بدست آورد. یک راه مفید برای استخراج اطلاعات مربوط به اثر متقابل این است که بر روی باقیمانده‌های حاصل از اثر جمع پذیر، از روش تجزیه به مقادیر منفرد (S.V.D = Singular Value Decomposition) یا تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

استفاده شود. به‌منظور تشخیص مؤلفه‌های اصلی در PCA و AMMI، مؤلفه‌های اصلی را در روش AMMI به‌صورت (IPCA= Interaction Principal Component Analysis) نشان می‌دهند (Gauch, 1992).

در تجزیه AMMI اگر فقط مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شد و یا به عبارت دیگر مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توضیح داد مدل AMMI1 و اگر دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توضیح دادند مدل AMMI2 خوانده می‌شود و به همین ترتیب برای مؤلفه‌های بعدی نشان داده می‌شود. حال اگر هیچ‌کدام و یا مجموع چند تا از مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار نشد مدل AMMI0 خوانده می‌شود که فاقد محورهای IPCA هست و همان مدل تجزیه واریانس است. مدل کامل AMMI که دارای حداقل (G-1، E-1) محور است را با AMMIF[5] نمایش می‌دهند (Gauch, 1992).

فرشادفر (Farshadfar, 2008) پایداری عملکرد ۳۰ ژنوتیپ گندم کشت شده در دو شرایط تنش آبی و آبیاری تکمیلی را با استفاده از آماره ارزش پایداری امی (ASV= AMMI Stability Value) برای شاخص منفرد غیر پارامتری (GSI = Genotype Stability Index) محاسبه نمود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۷ با داشتن بیشترین میانگین عملکرد دارای عملکرد پایدار بودند.

آدوگنا (Adugna, 2008) به منظور مقایسه کارایی روش‌های تجزیه پایداری تک متغییره پارامتری و غیر پارامتری و چند متغییره در شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب و پایدار سورگوم برای شرایط اتیوپی، دو گروه آزمایش (یک گروه متشکل از ۱۵ ژنوتیپ در هشت محیط و گروه دیگر متشکل از ۱۳ ژنوتیپ در ۱۳ محیط) انجام داد و نتیجه گرفت رویکرد چند متغیره AMMI نتایج معقول‌تر و قوی‌تری را ارایه می‌نماید.

با روش AMMI می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار برای محیط‌های مختلف پیشنهاد نمود. بنابراین با توجه به کارایی بالای روش تجزیه پایداری AMMI در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرپتانسیل، این روش در سال‌های اخیر به فراوانی توسط تعداد زیادی از پژوهشگران از جمله خزائی و همکاران (Khazaei *et al.,* 2019) در بررسی ۱۶ ژنوتیپ سورگوم به مدت دو سال در چهار منطقه ایران، با صفا و همکاران (Basafa *et al.,* 2014) در بررسی ۱۵ ژنوتیپ سورگوم به مدت سه سال در پنج منطقه ایران، رانو و همکاران (Rono *et al.,* 2016) در بررسی هشت ژنوتیپ سورگوم به مدت دو فصل زراعی در پنج منطقه کنیا و همچنین ورده (Worede *et al.,* 2020) در بررسی ۱۳ ژنوتیپ سورگوم به مدت یک فصل زراعی در شش منطقه اتیوپی استفاده شده است.

ارقام بومی مواد و منابع خوبی برای

تولید واریته‌های سورگوم دو منظوره علوفه‌ای و دانه‌ای هستند.برای شناسایی دامنه تغییرات ژنتیکی و صفات مهم زراعی بین ارقام بومی سورگوم، ۷۴ رقم از سه کشور آفریقای جنوبی و سودان و هندوستان در پنج منطقه هند و سودان مورد بررسی قرار گرفت. واریانس ژنتیکی آن‌ها برای همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام بومی سورگوم از نظر قوه نامیه بذر، عملکرد علوفه، عملکرد دانه و شاخص برداشت همگی تفاوت معنی‌دار داشتند و در بررسی اولیه ۱۳ رقم از میان آن‌ها انتخاب شد (Rattunde, 2006).

سه رقم تریتیکاله و دو رقم جو برای استفاده دو منظوره علوفه و دانه در مرکز تحقیقات کشاورزی مغان مورد مقایسه قرار گرفت، بین مواد مورد بررسی برای صفات یادداشت‌برداری شده اختلاف معنی‌دار وجود داشت بیشترین عملکرد علوفه سبز به جو LB با ۲۱/۰۱ تن در هکتار تعلق گرفت و بیشترین عملکرد دانه را رقم ۴۱۱۶ تریتیکاله با ۷/۲۳ تن در هکتار تولید کرد (Ghasemi *et al.*, 2004).

در برزیل هیجده رقم سورگوم برای شناسایی ارقام دومنظوره مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به جمیع جهات ۱۲ رقم آن دو منظوره علوفه‌ای و دانه‌ای تشخیص داده شد (Resende *et al.*, 2003). در کرج ۳۰ لاین سورگوم دو منظوره علوفه‌ای- دانه‌ای مورد بررسی و مقایسه عملکرد مقدماتی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد شش لاین عملکرد بیولوژیک تر و خشک (ساقه، برگ و وزن پانیکول با دانه) بالاتری تولید کردند (Fouman, 2012).

هدف از انجام این پژوهش تعیین مناسب‌ترین لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره تولید شده در ایران از نظر عملکرد علوفه و دانه و پایداری آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

ده لاین امیدبخش سورگوم دومنظوره (جدول۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شش ایستگاه تحقیقات کشاورزی شامل کرج، مشهد، زابل، گرگان، مغان و اصفهان به مدت دو فصل زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ کشت شدند.

میزان کود فسفات آمونیوم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌عنوان سرک در مرحله ۸ - ۶ برگی، بر اساس آزمون خاک مصرف شد. کاشت بر روی پشته‌ها با فواصل ۱۰×۶۰ سانتی‌متر (با تراکم ۱۶۷ هزار بوته در هکتار) انجام شد. هر لاین در هر تکرار در ۴ خط به‌طول ۷ متر کشت گردید. آبیاری به‌صورت نشتی و بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت (با توجه به مناطق مختلف دور آبیاری هر هفت تا ۱۰ روز بود).

کاشت لاین ها زمانی که دمای خاک در

جدول۱. لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره و والدین آنها

Table1. Promising lines of dual purpose sorghum and their parentage

شماره لاین Line no.	لاین امید بخش Promising line	والدین Parentage
1	KDFGS4*	ICSV758 × K30
2	KDFGS6	PARC7 × Kimiy
3	KDFGS9	PV120 × K35
4	KDFGS10	KGS10 × LFS21
5	KDFGS12	Uthang × KFS2
6	KDFGS13	KGS9 × KFS3
7	KDFGS16	Suph 60 × K30
8	KDFGS20	ICSV112 × KFS3
9	KDFGS26	KFS1 × LFS6
10	KDFGS30	K37 × KGS9

* KDFGS: K= Karaj, D = Dual purpose, F = Forage, G = Grain and S = Sorghum

عمق ۵- ۴ سانتی‌متری خاک به ۱۴- ۱۲ درجه سانتی‌گرد رسید انجام شد. به‌عنوان نمونه در کرج این دما در نیمه دوم اردیبهشت بود.

صفات مهم مورد نظر از قبیل ارتفاع گیاه، طول پانیکول، تعداد پنجه، قطر ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

پس از اطمینان از برقراری فرضیه های تجزیه واریانس، داده‌ها به صورت مرکب تجزیه واریانس شد و برای تجزیه پایداری از روش تجزیه اثر اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) استفاده شد و مدل آن به‌صورت زیر است (Gauch, 1992).

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon ger$$

در این فرمول Y_{ger}: عملکرد ژنوتیپ gام در محیط eام در تکرار rام است. μمیانگین کل آزمایش، α_g و β_e به ترتیب اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، λn: مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی nام، γ_{gn}: بردار ویژه ژنوتیپ برای محور nام و ρ_{ge}: مقدار باقیمانده یا نویز (Noise) و εger عبارت مربوط به خطاست.

بخش اول مدل AMMI $(\mu + \alpha_g + \beta_e)$ یعنی بخش افزایشی از تجزیه واریانس معمولی استفاده می کند. میانگین کل با اثر ژنوتیپی(α_g) به‌صورت انحراف ژنوتیپ از میانگین کل و اثر محیطی (β_e) به‌صورت انحراف محیط از میانگین کل برآورد می‌شود. بخش دوم $(\Sigma_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en})$، قسمت ضرب پذیر مدل است که از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور تجزیه برهمکنش ژنوتیپ × محیط به یک تا n مؤلفه

اصلی استفاده می‌کند.

باید توجه داشت که در روش AMMI، محاسبات بر روی مقادیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط صورت می‌گیرد ولی در مؤلفه‌های اصلی، محاسبات بر روی تفاضل داده‌های اصلی از میانگین کل داده‌ها انجام می‌شود (Gauch,1988). همچنین برای محاسبه آماره پایداری ASV از رابطه زیر که اولین بار توسط پرچیز (Purchase, 1997) به‌کار برده شد، استفاده گردید.

$$ASV= \sqrt{\frac{SSIPCA1}{SSIPCA2}(IPCA1^2 + IPCA2^2)}$$

به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های سورگوم دو منظوره، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش WARD انجام شد. برای تجزیه واریانس (اثر سال تصادفی و مکان و رقم ثابت در نظر گرفته شد) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی از نرم‌افزار SAS 9.0 و برای تجزیه پایداری از نرم‌افزار GENSTAT 12.0 و همچنین برای گروه‌بندی و رسم دندروگرام از نرم افزار SPSS16.0 استفاده شد.

نتایج و بحث

با اطمینان از برقراری فرضیه مربوط به همگنی اشتباهات آزمایشی تجزیه واریانس مرکب داده ها انجام شد و دو منطقه زابل و مشهد با توجه به عدم همگنی از تجزیه واریانس مرکب حذف شدند. تجزیه واریانس مرکب برای چهار منطقه(اصفهان، بیرجند، مغان و کرج) انجام شد. اثر سال، مکان، رقم و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول۲).

جدول۲- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک لاین های امید بخش سورگوم دومنظوره

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield, dry forage yield and biological yield of promising lines of dual purpose sorghum

			MS میانگین مربعات		
S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Year (Y)	سال	1	34.32**	55.46**	73.07**
Location (L)	مکان	3	230.72**	926.16**	764.64**
Y × L	سال× مکان	3	2.22	70.01**	27.45**
Errora	خطای الف	24	2.11	24.13	29.23
Cultivars (C)	رقم	9	14.09**	90.81**	82.50**
C × Y	رقم × سال	9	8.20**	37.23**	57.43**
C × L	رقم× مکان	27	8.11**	11.77**	27.07**
Y × C × L	رقم× سال × مکان	27	4.43**	26.07**	41.06**
Errorb	خطای ب	216	2.02	14.52	20.55

**: Significant at the 1% probability level.

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد.

مقایسه میانگین های چهار منطقه نشان داد که در سال دوم عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک نسبت به سال اوّل بیشتر بودند (جدول۳). عملکرد دانه در بیرجند با ۹/۹۶ تن در هکتار در رتبه اول و در کرج با ۸/۶۲ تن در هکتار در رتبه دوم قرار گرفت. از نظر عملکرد علوفه خشک، کرج با ۴۶/۸۵ تن در هکتار و بیرجند با ۱۹/۹۱ تن در هکتار در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفتند. عملکرد بیولوژیک نیز در کرج و بیرجند به ترتیب با ۵۵/۴۷ و ۲۹/۸۷ تن در هکتار نسبت به سایر مکان‌ها دارای برتری کامل بودند (جدول۳).

عملکرد دانه در کرج در سال اول با ۱۰/۵۴ تن در هکتار دارای برتری کامل بود ولی عملکرد علوفه در سال دوم با ۵۹/۱۶ تن در هکتار رتبه نخست را به خود اختصاص داد. عملکرد بیولوژیک نیز در کرج در سال دوم با ۶۸/۰۴ تن در هکتار کاملاً برتر بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال، مکان و برهمکنش سال × مکان بر عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره

Table 3. Mean comparison of year, location and year × location interaction effects on grain yield, dry forage yield and biological yield of promising lines of dual purpose sorghum

		عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (tha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (tha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (tha^{-1})
			Year سال	
2014	سال اول	7.60b	19.10b	26.70b
2015	سال دوم	8.30a	28.50a	36.70a
			Location مکان	
Isfahan	اصفهان	7.21c	11.49d	18.70d
Birjand	بیرجند	9.9a	19.91b	29.87b
Moghan	مغان	6.05d	16.77c	22.81c
Karaj	کرج	8.62b	46.85a	55.47a
			Year × Location سال× مکان	
2014	Isfahan	6.97d	9.35f	16.32f
	Birjand	7.45d	13.64e	21.09e
	Moghan	9.38b	18.13d	27.51d
	Karaj	10.54a	21.70c	32.24c
2015	Isfahan	5.81e	14.23e	20.04e
	Birjand	6.29e	19.30d	25.59d
	Moghan	8.37c	34.54b	42.90b
	Karaj	8.88bc	59.16a	68.04a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different the at 5% probability level-using Tukey test.

مقایسه میانگین دوساله ارقام در چهار مکان نشان داد که لاین شماره ۳ (KDFGS9) با عملکرد دانه ۸/۷۱ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود. از نظر علوفه خشک لاین شماره ۱ (KDFGS4) و لاین شماره ۹ (KDFGS26) به ترتیب با ۲۶/۱۵ و ۲۶/۱۱ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند (جدول ۴). لاین‌های شماره ۱ (KDFGS4) شماره ۲ (KDFGS6) و شماره ۹ (KDFGS26) به ترتیب با ۳۴/۳۱، ۳۲/۹۹ و ۳۲/۴۸ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک دارای برتری کامل بودند (جدول ۴).

لاین‌های شماره ۲ و ۳ در سال اول به ترتیب با ۸/۷۲ و ۸/۸۲ تن در هکتار عملکرد دانه دارای برتری کامل بودند و از لحاظ علوفه خشک لاین شماره ۹ در سال دوم با ۳۱/۷۲ تن در هکتار در رتبه نخست قرار گرفت (جدول ۴). لاین‌های شماره ۱ و ۹ در سال دوم به ترتیب با ۳۸/۶۸ و ۳۸/۹۸ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۵).

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها فقط اطلاعاتی در مورد وجود یا عدم وجود اثر متقابل ژنوتیپ× محیط ارائه می‌دهد، بنابراین تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد پایدار سودمند می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک لاین های امید بخش سورگوم دومنظوره

Table 4. Mean comparison of grain yield, dry forage yield and biological yield of promising lines of dual purpose sorghum

شماره No.	لاین Line	عملکرد دانه بیولوژیک (تن در هکتار) Grain yield (tha^{-1})	عملکرد علوفه خشک بیولوژیک (تن در هکتار) Dry forage yield (tha^{-1})	عملکرد بیولوژیک بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (tha^{-1})
1	KDFGS4	8.16a-c	26.15a	34.31a
2	KDFGS6	8.42ab	24.57ab	32.99ab
3	KDFGS9	8.71a	23.17b-d	31.87a-c
4	KDFGS10	8.47ab	24.02b	32.48ab
5	KDFGS12	8.08a-c	24.62ab	32.70ab
6	KDFGS13	7.91a-c	22.75b-d	30.66b-d
7	KDFGS16	8.23ab	21.46cd	29.69cd
8	KDFGS20	7.83bc	21.30d	29.12d
9	KDFGS26	6.38d	26.11a	32.48ab
10	KDFGS30	7.43c	23.42bc	30.84b-d

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

جدول ۵- مقایسه میانگین بر همکنش سال × لاین بر عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک لاین های امید بخش سورگوم دومنظوره

Table 5. Mean comparison of year × line interaction effect on grain yield, dry forage yield and biological yield of promising lines of dual purpose sorghum

شماره No.	لاین Line	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (tha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (tha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (tha^{-1})
			2014	
1	KDFGS4	8.321a-d	21.62e	29.94c
2	KDFGS6	8.727a	19.34e-g	28.07cd
3	KDFGS9	8.826a	18.51f-h	27.34cd
4	KDFGS10	8.494a-c	20.07e-g	28.56cd
5	KDFGS12	7.434b-e	20.80ef	28.24cd
6	KDFGS13	7.392c-e	18.32f-h	25.71cde
7	KDFGS16	8.226a-d	17.19gh	25.41de
8	KDFGS20	6.733e	15.97h	22.71e
9	KDFGS26	5.488f	20.50ef	25.99c-e
10	KDFGS30	6.689e	18.27f-h	24.96de
			2015	
1	KDFGS4	7.999a-d	30.68ab	38.68a
2	KDFGS6	8.113a-d	29.79a-c	37.90ab
3	KDFGS9	8.585ab	27.82b-d	36.41ab
4	KDFGS10	8.442a-d	27.97b-d	36.41ab
5	KDFGS12	8.719a	28.44b-d	37.16ab
6	KDFGS13	8.429a-d	27.18cd	35.61ab
7	KDFGS16	8.238a-d	25.73d	33.97b
8	KDFGS20	8.926a	26.62d	35.54ab
9	KDFGS26	7.267de	31.72a	38.98a
10	KDFGS30	8.161a-d	28.56b-d	36.72ab

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

با توجه به وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط در هنگام انتخاب بهترین ژنوتیپ، باید سعی شود ژنوتیپی انتخاب شود که علاوه بر عملکرد بالا، نوسان عملکرد کمتری داشته باشد و به‌عبارت‌دیگر از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار باشد (Farshadfar, 1998).

استفاده از پارامترهای پایداری AMMI موجب تسهیل انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌شود. در این روش ژنوتیپ‌ها در هر محیط رتبه‌بندی می‌شوند و از این رو می‌توان برتری ژنوتیپی را در محیط‌های مختلف تعیین کرد. تجزیه پایداری به روش AMMI و برازش مؤلفه‌های اصلی به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد دو مؤلفه اصلی برای عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۶).

خزائی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2019)

جدول ۶- تجزیه واریانس به روش امی (AMMI) برای لاین‌های امیدبخش سورگوم دو منظوره

Table 6. Analysis of variance using (AMMI) model for promising lines of dual purpose sorghum

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	MS میانگین مربعات: عملکرد دانه Grain yield	عملکرد علوفه Dry forage yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Total	کل	319	5.52	249	277
Treatments	تیمار	79	16.12**	958**	1052**
Genotypes	ژنوتیپ	9	14.1**	91**	82**
Environment	محیط	7	104.73**	10435**	11350**
Block	بلوک	24	2.11	24	29
Interaction	اثر متقابل	63	6.57**	29**	46**
IPCA1	مؤلفه اصلی اول	15	11.06**	51**	85**
IPCA2	مؤلفه اصلی دوم	13	8.81**	35**	59**
Residual	باقیمانده	35	3.81**	17	25
Error	خطا	216	2.02	15	21

**: Significant at the 1 % probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

با استفاده از روش AMMI پایداری ۱۶ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مدل AMMI و پارامتر ارزش پایداری‌امی (ASV)، نشان دادند ژنوتیپ‌های ۸ (Siloking) و ۱۲ (FGCSI12) با عملکرد علوفه و پایداری علمکرد بالاتر، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب سورگوم علوفه‌ای شناخته شدند. عملکرد علوفه خشک اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل ۴۲ درصد و دومین مؤلفه شامل ۲۴/۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل بود. در مجموع دو مؤلفه اصلی اول برای علوفه خشک ۶۶/۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توضیح دادند. با استفاده از این دو مؤلفه سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل مشخص شد.

خزائی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2019) همچنین گزارشکردند برای علوفه تر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل ۵۳ درصد و دومین مؤلفه ۲۴ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توضیح دادند. در مجموع دو مؤلفه اصلی برای علوفه تر ۷۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توضیح دادند. هرچه سهم ژنوتیپ از اثر متقابل کمتر باشد، نشان‌دهنده پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. بعضی از پژوهشگران اظهار نموده‌اند که بهترین مدل، مدلی است که در آن فقط دو مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شوند و سایر مؤلفه‌ها واریانس کمی داشته باشند (Katsura *et al.,* 2016).

با صفا و همکاران (Basafa *et al.,* 2014) با مطالعه بر روی ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای گزارش دادند در محیط‌های مورد بررسی بر اساس نتایج تجزیه AMMI و پارامترهای پایداری مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های ۱۵ و ۵ با عملکرد بالاتر از میانگین دارای بیشترین پایداری بودند در صورتی‌که ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ با بیشترین

تأثیر در اثر متقابل، ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

فرشادفر و سوتکا (Farshadfar and Sutka, 2006) با استفاده از روش AMMI پایداری ۲۲ ژنوتیپ گندم دورم را در ایران مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ۹۲/۵ درصد از تغییرات مربوط به مجموع مربعات با استفاده از روش‌های AMMI1، AMMI2 و AMMI3 توجیه شد که این میزان ۴/۵ برابر بیشتر از روش تجزیه رگرسیون خطی بود. عملکرد و پایداری ۱۵ ژنوتیپ پیشرفته گندم دورم در ۱۲ محیط با استفاده از روش AMMI توسط محمدی و همکاران(Mohammadi *et al.*, 2007) مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه واریانس AMMI و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و پارامتر ASV برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به ترتیب در جدول های ۶ و ۷ ارائه شده‌اند. از این پارامترها برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف کمک گرفته شد. ژنوتیپ‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA1) بزرگ (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی با محیط دارند درحالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر دارای اثر متقابل پایین هستند.

برای عملکرد دانه غیر از لاین های شماره ۸ بقیه لاین‌ها مخصوصاً لاین های شماره ۲ و ۳ دارای مقادیر پایین IPCA1 بودند. علاوه بر این میانگین عملکرد دانه این دو لاین بیشتر از میانگین کل لاین ها بود و بنابراین به‌عنوان لاین‌های با عملکرد پایدار با سازگاری عمومی بالا شناسائی شدند. برای عملکرد علوفه لاین‌های شماره ۱ و ۸ دارای IPCA1 بالایی بودند. غیر از محیط ۱ و ۶ که IPCA1 نسبتاً بالاتری داشتند در بقیه محیط‌ها دارای کمترین مقدار IPCA1 بودند. بنابراین دارای کمترین اثر متقابل می‌باشند و در بعضی محیط‌هایی نسبت به محیط‌های دیگر از پایداری عملکرد بالاتری برخوردار بودند (جدول ۸).

برای عملکرد علوفه لاین شماره ۹ دارای کمترین IPCA1 است و میانگین عملکرد علوفه این لاین بالاتر از بقیه لاین‌ها و از میانگین کل هم بیشتر بوده البته لاین شماره ۱ هرچند IPCA1 بالاتری داشت اما دارای عملکرد علوفه بیشتر از میانگین بوده بنابراین لاین‌های شماره ۹ و ۱ برای تهیه علوفه مناسب می‌باشند (جدول ۷).

از مهمترین کاربردهای روش AMMI می‌توان به تعیین سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها و معرفی یک یا چند ژنوتیپ برای یک یا چند منطقه اشاره کرد. رتبه‌بندی لاین های امید بخش سورگوم دو منظوره از نظر عملکرد دانه، عملکرد علوفه در محیط‌های مختلف در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج نشان داد که از لحاظ عملکرد دانه برای اصفهان لاین‌های شماره ۴ و ۱ برای مغان لاین‌های شماره ۲ و ۳ و برای کرج لاین‌های شماره ۲، ۳، ۷ و ۴ در مجموع دو سال انتخاب شدند (جدول ۸).

از لحاظ عملکرد علوفه خشک در اصفهان

جدول ۷- مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) برای عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک لاین‌های امیدبخش سورگوم دو منظوره

Table 7. First and second main components and ASV parameter for grain yield and dry forage yield of promising lines of dual purpose sorghum

		Grain دانه				Forage علوفه			
شماره No.	Line لاین	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	IPCA1	IPCA2	ASV	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (tha^{-1})	IPCA1	IPCA2	ASV
1	KDFGS4	8.16	-0.88	-0.12	1.29	26.15	2.23	0.46	2.97
2	KDFGS6	8.42	-0.37	0.96	1.24	24.57	0.14	0.79	1.04
3	KDFGS9	8.71	0.05	1.23	1.48	23.17	0.55	0.74	0.98
4	KDFGS10	8.47	-0.72	-0.02	0.86	24.02	1.09	-0.83	1.78
5	KDFGS12	8.08	-0.53	-1.09	1.46	24.62	0.62	-1.56	2.18
6	KDFGS13	7.91	-0.48	-0.79	1.11	22.75	-0.48	0.41	0.82
7	KDFGS16	8.23	0.30	0.81	1.04	21.46	-1.16	0.92	1.93
8	KDFGS20	7.83	1.94	-0.30	2.36	21.30	-2.17	-0.02	2.82
9	KDFGS26	6.38	-0.10	-0.11	0.18	26.11	-0.02	1.08	1.40
10	KDFGS30	7.43	0.79	-0.57	1.17	23.42	-0.79	-1.98	3.62
	درصد تجمعی Cumulative percentage	–	40.10	67.80	–	–	41.87	66.61	–

ASV: AMMI Stability Value.

جدول ۸- چهار ژنوتیپ برتر انتخاب شده به ترتیب اولویت در هر محیط (ترکیب سال و مکان) توسط روش امی (AMMI)

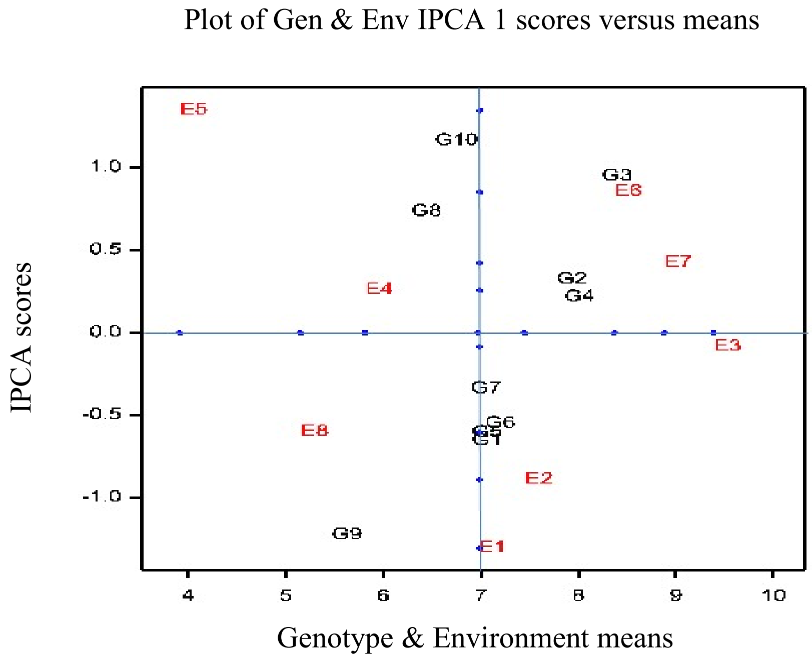
Table 8. Top four Lines, in the order of priority, in each environment (combination of year and location) selected by AMMI model

	Grain دانه					Forage علوفه				
	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	اولین ژنوتیپ انتخابی First selected genotype	دومین ژنوتیپ انتخابی Second selected genotype	سومین ژنوتیپ انتخابی Third selected genotype	چهارمین ژنوتیپ انتخابی Fourth selected genotype	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (tha^{-1})	اولین ژنوتیپ انتخابی First selected genotype	دومین ژنوتیپ انتخابی Second selected genotype	سومین ژنوتیپ انتخابی Third selected genotype	چهارمین ژنوتیپ انتخابی Fourth selected genotype
2014										
Isfahan	6.97	4	1	2	3	9.35	9	1	2	5
Birjand	7.45	5	4	6	1	13.64	9	1	2	5
Moghan	9.38	3	2	7	4	18.13	1	9	2	5
Karaj	10.54	5	6	8	10	21.70	10	5	9	2
2015										
Isfahan	5.81	3	8	7	2	14.23	9	2	8	7
Birjand	6.29	8	3	7	2	19.30	9	8	10	2
Moghan	8.37	3	2	7	4	34.54	5	1	4	10
Karaj	8.88	3	2	7	4	59.16	1	9	2	3

لاین‌های شماره ۹، ۱، ۲ و ۵ در بیرجند لاین‌های ۵، ۲ و ۹ و در مغان لاین‌های شماره ۲، ۸ و ۹ و در کرج لاین شماره ۱ انتخاب شدند (جدول ۸). در روش ارزش پایداری امی (ASV) لاینی پایدار محسوب می‌شود که ارزش پایداری کمتری داشته باشد. لاین های شماره ۹ و ۳ به ترتیب از لحاظ عملکرد دانه و علوفه خشک دارای پایین‌ترین ارزش پایداری امی (ASV) بودند (جدول ۷).

برای ارزیابی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای‌پلات استفاده شد. در بای‌پلات شکل ۱ محور افقی نمایانگر اثر اصلی افزایشی یا میانگین عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار و محور عمودی اثر متقابل ضرب پذیر یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عاملی، برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به‌طور جداگانه می‌باشد. در بای‌پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محورها نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد.

خزائی و همکاران (Khazaei *et al.,* 2019) نیز با استفاده از روش AMMI ژنوتیپ‌های

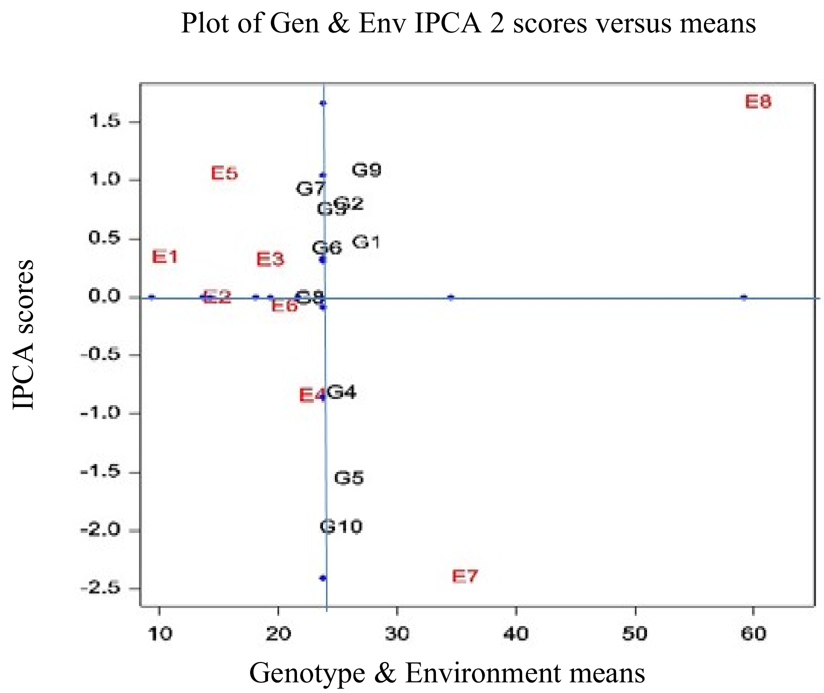


شکل ۱- بای‌پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر اولین مؤلفه اصلی (عملکرد دانه)

Fig. 1. Biplot of mean of genotypes and environments and the values of the first principal components (Grain yield)

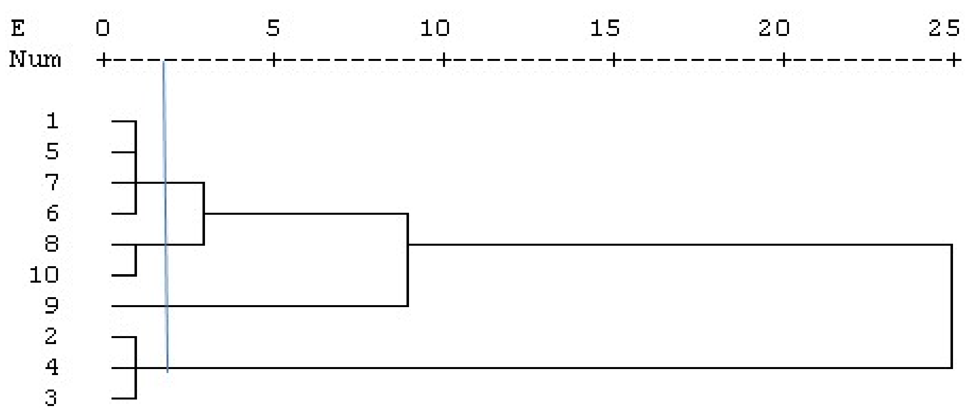
سورگوم علوفه‌ای دارای سازگاری به محیط‌های مختلف را معرفی کردند و گزارش کردند که ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفتند، اثر متقابل نزدیک به صفر را دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند. برای عملکرد علوفه تر ژنوتیپ‌های ۱، ۱۵، ۱۲، ۳، ۵، ۹ و ۱۴ دارای اثر متقابل کم و برای عملکرد علوفه خشک ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ دارای اثر متقابل کم بودند (شکل ۲).

برای تجزیه واکنش ژنوتیپی (استفاده هم‌زمان از تفکیک‌های دسته‌بندی و بردار یابی) و بررسی دقیق‌تر پایداری ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، تجزیه خوشه‌ای بر اساس مقادیر اولین مؤلفه اصلی ژنوتیپ‌ها و همچنین محیط‌ها (شکل ۳ و ۴) انجام شد. تجزیه خوشه‌ای برای عملکرد دانه مقادیر اولین مؤلفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها چهار گروه ژنوتیپی را مشخص نمود که گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵، ۷ و ۶ دارای عملکرد بالا، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۰ دارای عملکرد متوسط، گروه سوم فقط ژنوتیپ شماره ۹ دارای عملکرد پایین و گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، و ۳ دارای بالاترین عملکرد دانه بودند (شکل۳).



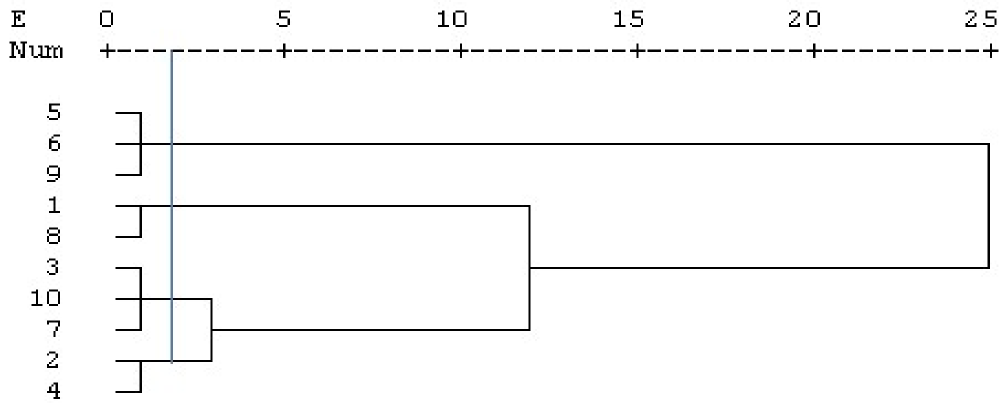
شکل ۲- بای‌پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر مؤلفه اصلی آن‌ها (عملکرد علوفه خشک)

Fig. 2. Biplot of mean of genotypes and environments and the values of the principal components (Dry forage yield)



شکل ۳- دندروگرام گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (عملکرد دانه)

Fig. 3. The dendrogram of genotypes grouping based on the first principal components of interaction (Grain yield)



شکل ۴- دندروگرام گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس مؤلفه اصلی اثر متقابل (عملکرد علوفه خشک)

Fig. 4. The dendrogram of genotypes grouping based on the principal components of interaction (Dry forage yield)

در تجزیه خوشه‌ای برای عملکرد علوفه مقادیر اولین مؤلفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها چهار گروه ژنوتیپی مشخص شد که گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۶ و ۹ گروه دوم ژنوتیپ‌های شماره ۱و ۸، گروه سوم ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۰و ۷ و گروه چهارم ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۴ بودند (شکل ۴).

با توجه به مدل AMMI و پارامتر ارزش پایداری‌امی (ASV)، لاین‌های شماره ۲ و ۳ با عملکرد دانه ۸/۴۲ و ۸/۷۱ تن در هکتار و پایداری بالا، مناسب‌ترین لاین‌ها به‌منظور ارقام دومنظوره با اولویت تولید دانه انتخاب می‌شوند و لاین‌های شماره ۹ و ۱ با عملکرد علوفه ۲۶/۱۱ و ۲۶/۱۵ تن در هکتار به‌عنوان ارقام دومنظوره با اولویت تولید علوفه شناسایی شدند. ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرارگرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر را دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۳ دارای اثر متقابل کم می‌باشند و برای عملکرد علوفه ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۹ دارای اثر متقابل کمتر می‌باشند.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و کارکنان مراکز تحقیقاتی محل اجرای پروژه که در اجرای این پژوهش به مدت دو سال با مجریان همکاری و مساعدت لازم مبذول داشتند، سپاسگزاری می کنند.

References

Adugna, A. 2008. Assessment of yield stability in sorghum using univariate and multivariate statistical approaches. Hereditas 145 (1): 28-37.

Allard, R. W., and Bradshaw, A. D. 1964. Implication of genotype-environment interactions in applied plant breeding. Crop Science 4: 503-508.

Basafa, M., Taheri, M., and Beheshti, A. R. 2014. Stability analysis for forage yield in sorghum lines. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazendagi) 107: 99 – 107 (in Persian).

Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. Advances in Agronomy 44: 55-85.

Farshadfar, E., and Sutka, J. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. Acta Agronomica Hungarica 54 (4): 459-467.

Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 1791-1796.

Farshadfar, E. 1998. Application of biometrical genetics in plant breeding. 2nd edition. Razi University Publications. Kermanshah, Iran. 396 pp. (in Persian).

Fouman, A. 2012. Evaluation of dual purpose forage and grain sorghum lines in preliminary yield trail. Seed and Plant Improvement Institute. Final Research Project Report No. 03-03-90015. (in Persian).

Gauch, H. G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. International Biometric Society 44: 705-715.

Gauch, H. G. 1990. Full and reduced models for yield trials. Theoritical and Applied Genetics 80: 153-163.

Gauch, H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 256 pp.

Ghasemi, M., Khalilzadeh, Gh. R. and Gharib Eshghi, A., and Vehabzadeh, M. 2004. Study on grain yield, yield components and green fodder of triticale and barley cultivars. Seed and Plant Journal 20 (3): 345-357 (in Persian).

Gollob, H. F. 1968. A Statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. Psycometrika 33: 367-376.

Hongyu, K., García-Peña, M., Araújo, L. B. D., and Dias, S. 2014. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype × environment interaction. Biometrical Letters 51(2): 89-102.

Katsura, K., Tsujimoto, Y., Oda, M., Matsushima, K. I., Inusah, B., Dogbe, W., and Sakagami, J. I. 2016. Genotype by environments interaction analysis of rice (*Oryza* spp.) yield in a flood plain ecosystem in West Africa. European Journal of Agronomy 73: 152- 159.

Khazaei, A., Torabi, M., Mokhtarpour H., and Beheshti, A. R. 2019. Evaluation of yield stability of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes using AMMI analysis. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (3): 225 -236 (in Persian).

Lin, C. S., and Binns, M. R. 1991. A method of analyzing cultivar × location × year experiments: a new stability parameter. Theoretical and Applied Genetics 75: 425-430.

Lin, C. S., Binns M. R., and Lefcovitch L. P. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science 26: 894-900.

Mohammadi, R., Armion, M., Shabani, A., and Daryaei A. 2007. Identification of stability and adaptability in advanced durum wheat genotypes using AMMI analysis. Asian Journal Plant Science 6: 1261-1268.

Purchase, J. L. 1997. Parametric analysis todescribe genotype × environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. Thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture of the University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 166 pp.

Rattunde, H. F. W. 2006. Early-maturing dual-purpose sorghums: agronomic trait variation and covariation among landraces. Plant Breeding 117 (1): 33–36.

Resende, J. A., Pereira, M. N., Von Pinho, R. G., Fonseca, A. H., and Pereira da Silva, A. R. 2003. Ruminal silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. Scientia Agricola 60 (3): 457-463.

Rodrigues, P. C., Malosetti, M., Gauch, H. G., and van Eeuwijk, F. A. 2014. A

weighted AMMI algorithm to study genotype-by-environment interaction and QTL-by-environment interaction. Crop Science 54 (4): 1555-1570.

Rono, J. K., Cheruiyot, E. K., Othira, J. O., Njuguna, V. W., Macharia, J. K., Owuoche, J., Oyier, M,. and Kange, A. M. 2016. Adaptability and stability study of selected sweet sorghum genotypes for ethanol production under different environments using AMMI analysis and GGE biplots. The Scientific World Journal: 1-14.

Worede, F., Mamo, M., Assefa, S., Gebremariam, T., and Beze, Y. 2020. Yield stability and adaptability of lowland sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in moisture-deficit areas of Northeast Ethiopia. Cogent Food and Agriculture 6 (1): 1-13.

Zobel, R. W., and Gauch, H. G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal 80: 388-393.